

PRESSURE SENSOR AND PRESSURE MEASURING SYSTEM

Patent Number: JP7260617
 Publication date: 1995-10-13
 Inventor(s): MORONUKI MASAKI
 Applicant(s): RIKEN CORP
 Requested Patent: JP7260617
 Application: JP19940051787 19940323
 Priority Number(s):
 IPC Classification: G01L23/22; G01B9/02; G01B11/16; G01L1/00;
 EC Classification:
 Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a pressure sensor having simple structure in which the pressure can be detected highly accurately using a single optical fiber.

CONSTITUTION: The pressure sensor 10 comprises a flexible diaphragm 3 constituted of a thick central part 1 having optically flat reflective plane 1a and an annular thin part 2 formed around the thick part 1, a base 8 disposed oppositely to the reflective plane 1a of the diaphragm 3 through a gap 4 and supporting the diaphragm 3, and a single optical fiber 6 having an end face 6a facing the reflective plane 1a of the diaphragm 3 and secured to the base 8 while extending substantially vertically to the reflective plane 1a of the diaphragm 3. In the pressure sensor 10, the optical distance between the end face 6a of the optical fiber 6 and the reflective plane 1a of the diaphragm 3 is varied through displacement of the diaphragm 3 and thereby the number of concentric fringes is varied. The pressure can be measured accurately by detecting variation in the number of fringes.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 23/22				
G 0 1 B 9/02				
11/16	G			
G 0 1 L 1/00	B			
1/24				

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-51787

(22) 出願日 平成6年(1994)3月23日

(71) 出願人 000139023

株式会社リケン

東京都千代田区九段北1丁目13番5号

(72) 発明者 諸眞 正樹

埼玉県熊谷市末広四丁目14番1号 株式会

社リケン熊谷事業所内

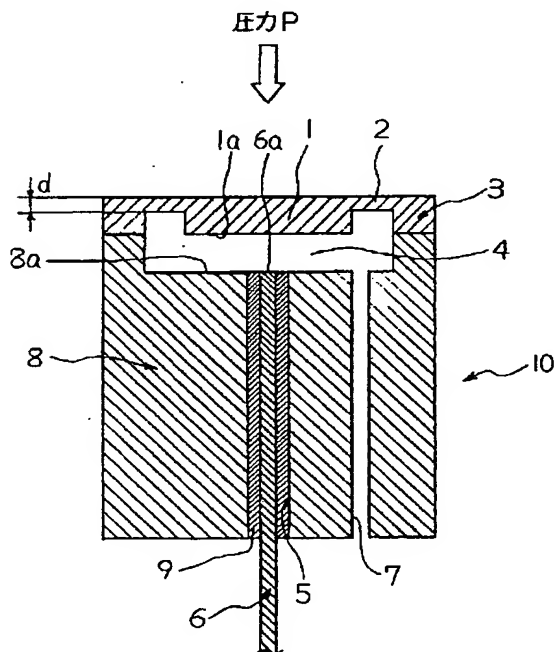
(74) 代理人 弁理士 清水 敬一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 圧力センサ及びそれを使用する圧力測定システム

(57) 【要約】

【目的】 構造が簡単でかつ1本の光ファイバにより圧力を高精度に検出できる圧力センサを提供する。

【構成】 この発明による圧力センサ10は、光学的に平坦な反射面1aを有する中央厚肉部1及び中央厚肉部1の周囲に形成された環状薄肉部2を有しかつ可撓性を有するダイアフラム3と、ダイアフラム3の反射面1aに対向しかつギャップ4を形成すると共にダイアフラム3を支持するベース8と、ギャップ4を介してダイアフラム3の反射面1aに対向する端面6aを有しかつダイアフラム3の反射面1aに対してほぼ垂直にベース8に固定された1本の光ファイバ6とを備えている。この圧力センサ10では、圧力によるダイアフラム3の変位により光ファイバ6の端面6aとダイアフラム3の反射面1aとの間の光学距離が変化するので、同心円状の干渉縞の数が変化する。したがって、この干渉縞の数の変化を検知することにより、圧力を高精度に測定することができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学的に平坦な反射面を有しかつ可撓性を有するダイアフラムと、ダイアフラムの反射面に対向しかつギャップを形成すると共にダイアフラムを支持するベースと、ギャップを介してダイアフラムの反射面に対向する端面を有しかつダイアフラムの反射面に対してほぼ垂直にベースに固定された光ファイバとを備えた圧力センサにおいて、

ベースに固定した1本の光ファイバの端面からダイアフラムの反射面に可干渉性光を照射し、ダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間で多重干渉させて同心円状の干渉縞を発生し、ダイアフラムへの圧力発生時にダイアフラムの撓みによりダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間の光学距離が変化し、この光学距離の変化に対して変化する干渉縞の数を光ファイバの端面から検出してダイアフラムに加えられる圧力を検出することを特徴とする圧力センサ。

【請求項2】 ギャップに接続する大気開放孔をベースに形成した「請求項1」に記載の圧力センサ。

【請求項3】 ギャップは真空に封止される「請求項1」に記載の圧力センサ。

【請求項4】 ダイアフラムは中央厚肉部及び中央厚肉部の周囲に形成された環状薄肉部を有し、中央厚肉部に反射面が形成された「請求項1」～「請求項3」のいずれかに記載の圧力センサ。

【請求項5】 「請求項1」～「請求項4」のいずれかに記載の圧力センサの光ファイバに接続された光結合器と、前記圧力センサの光ファイバに光結合器を通して接続された可干渉性光源と、光結合器の出力端に接続された光強度測定器とを備え、

前記圧力センサのダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間での可干渉性光の多重干渉により発生した同心円状の干渉縞の数の変化を光強度測定器にて検知することを特徴とする圧力測定システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は圧力センサ、特に内燃機関の燃焼室内の圧力を検出する圧力センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 稼動する内燃機関の燃焼室圧力及び圧力変動を検出して、空燃比、ガソリンエンジンの点火時期又はディーゼルエンジンの燃料噴射時期等を精度良く制御する内燃機関の燃焼制御装置は従来から自動車等に広く使用されている。内燃機関のシリンダ内の圧力を検出する圧力センサとして、歪ゲージ式、圧電式、光ファイバ式等の様々な方式の圧力センサが従来から提案されている。

【0003】 歪ゲージ式の圧力センサでは温度変化による検出特性の影響を低減するため、歪ゲージの固定位置

2

に工夫が必要である。また、接着剤によるクリープ、ヒステリシスの影響や耐熱性が低い等の信頼性上の問題があった。また、圧電式の圧力センサでは燃焼室内の圧力に比例した出力電圧を直接取り出せる利点があるが、圧電素子自体の抵抗率が高いため、スパーク等に起因するノイズが出力電圧に発生する欠点があった。また、圧電材料の誘電率の温度変動等により精度が低下する難点があり、更に機械的振動によるノイズの影響を受け易い問題があった。

10 【0004】 歪ゲージ式及び圧電式の圧力センサの持つ欠点を解決する方式として特開昭60-113126号公報には、光ファイバ式の圧力センサが開示されている。光ファイバの材料に石英を用いれば、スパーク等によるノイズの影響がなく、また耐熱性も高いので内燃機関の燃焼室付近に設置できる利点がある。

【0005】 図4は、同心円上に3群の光ファイバを多数束ねた従来の圧力センサに使用する導光装置の断面構造を示す。この導光装置は、円周方向に配列した複数本の光ファイバからなる投光用ファイバ束31と、投光用ファイバ束31の内周に沿って配列された複数本の光ファイバからなる内側受光用ファイバ束32と、投光用ファイバ束31の外周に沿って配列された外側受光用ファイバ束33と、ファイバ束32、33の中心軸と直角に対向して配置された可撓性のダイアフラム35（図5）と、ダイアフラム35の全周を支持する支持部材34（図5）とから構成される。この光ファイバ式の圧力センサの動作原理を図5（A）～（C）に基づいて説明すると、圧力Pが大気圧に等しい場合（ $P=0$ ）には図5（B）に示すように、ダイアフラム35は変形せず、ダイアフラム35の内面は平坦な状態である。ダイアフラム35が平坦な状態では、投光用光ファイバ束31から出力された光 I_0 はダイアフラム35の下面で反射し、内側受光用ファイバ束32と外側受光用ファイバ束33とに均等に入射するから、内側受光用ファイバ束32の受光量 I_1 と外側受光用ファイバ束33の受光量 I_2 は、 $I_1=I_2$ となる。次に、圧力Pが大気圧よりも高い場合（ $P>0$ ）には図5（A）に示すように、ダイアフラム35は下方に変位する。この場合は投光用ファイバ束31から出力された光量 I_0 のうち、ダイアフラム35で反射されて内側光ファイバ束32に入射する受光量 I_1 は外側光ファイバ束33に入射する受光量 I_2 よりも少なく、 $I_1<I_2$ となる。また、圧力Pが大気圧よりも低い場合（ $P<0$ ）には図5（C）に示すように、ダイアフラム35は上方に変位する。この場合には投光用光ファイバ束31から出力された光量 I_0 はダイアフラム35の内面により反射されるが、内側受光用ファイバ束32に入射する受光量 I_1 は、外側受光用ファイバ束33に入射する受光量 I_2 よりも多く、 $I_1>I_2$ となる。即ち、圧力Pの大きさにより I_1 、 I_2 は相反する挙動を示す。上記のように、光量比 I_2/I_1 は圧力Pに対して比例関

係になり、内側光ファイバ束32の受光量 I_1 と外側光ファイバ束33の受光量 I_2 の比 I_2/I_1 を測定して、ダイアフラム35に加えられた圧力Pを検知することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の光ファイバ式の圧力センサでは、投光用ファイバ束31、内側受光用ファイバ束32及び外側受光用ファイバ束33を備えた3群の光ファイバ束を設けるため、多数本の光ファイバが必要となり、光信号の伝送を含めて高価な石英ファイバを多く使用しなければならない欠点があった。また、これらを束ねて端面を正確に揃える作業には高度な熟練した技術が必要であり、ダイアフラム35の肉厚又は平坦度及びダイアフラムと光ファイバ束との間の間隔を与える高い精度が要求される。したがって、構造が複雑でかつ組立作業が煩雑になる欠点があった。

【0007】そこで、この発明では構造が簡単でかつ1本の光ファイバにより圧力を高精度に検出できる圧力センサ及びそれを使用する圧力測定システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明による圧力センサは、光学的に平坦な反射面を有しかつ可撓性を有するダイアフラムと、ダイアフラムの反射面に対向しかつギャップを形成すると共にダイアフラムを支持するベースと、ギャップを介してダイアフラムの反射面に対向する端面を有しかつダイアフラムの反射面に対してほぼ垂直にベースに固定された光ファイバとを備えている。この圧力センサでは、ベースに固定した1本の光ファイバの端面からダイアフラムの反射面に可干渉性光を照射し、ダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間で多重干渉させて同心円状の干渉縞を発生し、ダイアフラムへの圧力発生時にダイアフラムの撓みによりダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間の光学距離が変化し、この光学距離の変化に対して変化する干渉縞の数を光ファイバの端面から検出してダイアフラムに加えられる圧力を検出する。図示の実施例では、ギャップに接続する大気開放孔をベースに形成し、ダイアフラムは中央厚肉部及び中央厚肉部の周囲に形成された環状薄肉部を有し、中央厚肉部に反射面が形成されている。図示以外の実施例では、ギャップは真空中に封止される。

【0009】また、この発明による圧力センサを使用する圧力測定システムは、圧力センサの光ファイバに接続された光結合器と、圧力センサの光ファイバに光結合器を通して接続された可干渉性光源と、光結合器の出力端に接続された光強度測定器とを備えている。この圧力測定システムでは、圧力センサのダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間での可干渉性光の多重干渉により発生した同心円状の干渉縞の数の変化を光強度測定器にて検知する。

【0010】

【作用】この発明による圧力センサでは、微小変位の測定が可能なファブリーペロー (Fabry-Perot) 干渉計の原理に基づいて、ギャップに入射した可干渉性光は多重干渉を起こし、ギャップから出力される光に同心円状のフリンジ (干渉縞) を発生する。このフリンジはギャップの光学距離、即ち一对の反射面間の距離の変化に敏感に対応する。したがって、一对の反射面のうちの一方を可撓性を有するダイアフラムに設けることにより、ダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面を一对の反射面とするファブリーペロー干渉計が形成される。よって、圧力によるダイアフラムの撓みにより、ダイアフラムの反射面及び光ファイバの端面間の光学距離の微小な変化に対してフリンジの数が変化するの、このフリンジの数の変化を光ファイバの端面から検出することにより、ダイアフラムに加えられる圧力を高精度に検出できる。このため、1本の光ファイバにより簡単な構造の圧力センサを構成することができる。

【0011】

【実施例】以下、この発明による圧力センサの実施例を図1～図3に基づいて説明する。図1はこの発明による圧力センサ10の断面図である。この圧力センサ10は、光学的に平坦な反射面1aを有しかつ可撓性を有するダイアフラム3と、ダイアフラム3の反射面1aに対向しかつギャップ4を形成すると共にダイアフラム3を支持するベース8と、ギャップ4を介してダイアフラム3の反射面1aに対向する端面6aを有しかつダイアフラム3の反射面1aに対してほぼ垂直にベース8の光ファイバ挿入孔5に固定された1本の光ファイバ6とを備えている。この実施例では、ギャップ4に接続する大気開放孔7をベース8に形成し、ダイアフラム3は中央厚肉部1及び中央厚肉部1の周囲に形成された環状薄肉部2を有し、中央厚肉部1に反射面1aが形成されている。

【0012】上記の構成において、光ファイバ6の端面6aから照射されたレーザ光等の可干渉性光はダイアフラム3に設けられた中央厚肉部1の反射面1aにて反射する。反射面1aにて反射された光ファイバ6への戻り光は光ファイバ6の端面6aからの光と多重干渉し、光ファイバ6の端面6aと反対側の出力端 (図示せず) に同心円状のフリンジが発生する。ダイアフラム3に圧力Pが加えられると、環状薄肉部2が撓み、中央厚肉部1が下方に押し下げられるので、中央厚肉部1の反射面1aが下方に移動し、その結果ギャップ4が狭くなる。これにより、ダイアフラム3の反射面1aと光ファイバ6の端面6aとの間の光学距離が変化し、同心円状のフリンジの数の変化が起こる。したがって、このフリンジの数の変化を光ファイバ6の出力端から検出することにより、ダイアフラム3に加えられる圧力を高精度に検出することができる。また、ダイアフラム3の中央厚肉部1

5

の周囲に環状薄肉部2を形成したので、ダイアフラム3に加わる圧力Pにより環状薄肉部2が撓み、中央厚肉部1の反射面1aを圧力Pの変化に対応して上下に平行移動させることができる。このため、光ファイバ6の端面6aの位置がベース8の中心からずれていても、入射された光はほとんど散乱されることなく、再び光ファイバ6に戻るの、損失が少ない利点がある。

【0013】図1に示す圧力センサ10の製造方法について説明すると、まず、ステンレス等の金属を機械加工してダイアフラム3に環状薄肉部2を形成し、中央厚肉部1の下端面を研磨し、光学的に平坦な反射面1aを作る。次に、ダイアフラム3と同じ材料を用いて反射面1aに対向する凹部8aをベース8に形成し、凹部8aの中心に光ファイバ挿入孔5及び外周部に大気開放孔7を形成する。その後、光ファイバ挿入孔5に光軸が垂直となるように石英製の光ファイバ6を挿入し、ガラス等の接着剤9により固定する。最後に、光ファイバ6が中心に固定されたベース8にダイアフラム3を溶接等により接合して圧力センサ10を完成する。

【0014】図1に示す圧力センサ10を使用して圧力測定を行うシステムの一実施例を図2に示す。この圧力測定システムは、圧力センサ10の光ファイバ6に接続された光カプラ（光結合器）23と、圧力センサ10の光ファイバ6に光カプラ23及び入力ファイバ22を通して接続されたレーザ光源（可干渉性光源）21と、光カプラ23の出力端に出力ファイバ24を通して接続された光パワーメータ（光強度測定器）25とを備えている。干渉計にはコヒーレントな（可干渉性の）光が必要であるため、可干渉性光源としてヘリウム-ネオン（He-Ne）レーザ光源（波長633nm）21を用いる。レーザ光源21からの光は入力ファイバ22により光カプラ23に導かれる。光カプラ23によりレーザ光源21からの光を分割し、一方を圧力センサ10の光ファイバ6に接続し、もう片方は終端処理をする。圧力センサ10のダイアフラム3の反射面1a及び光ファイバ6の端面6a間でのレーザ光の多重干渉によって発生した同心円状のフリンジは光ファイバ6を経て光カプラ23に戻り、カップリングされた出力ファイバ24により光パワーメータ25に入力される。この光パワーメータ25の出力波形をストレージオシロスコープ26で観察することにより、同心円状のフリンジを観察しかつ記録する。ダイアフラム3に圧力Pが加わり光ファイバの端面6aとダイアフラム3の反射面1aとの間の光学距離1

6

が減少すると、出力されるフリンジの数Nは増加する。図3は図2の測定システムにおける圧力Pとフリンジの数Nの関係を示すグラフであり、フリンジの数Nは圧力Pに対して比例関係にあることがわかる。

【0015】この考案の実施態様は前記の実施例に限定されず変更が可能である。例えば、上記の実施例ではケース8に大気開放孔7を設けた構造で大気圧との相対圧力を測定する所謂ゲージ圧タイプについて示したが、ベース8に大気開放孔7を設けずにダイアフラム3とベース8間のギャップ4を真空にして封止すれば絶対圧タイプの圧力センサとして使うことも可能である。また、ダイアフラム3に設けた環状薄肉部2の厚さd（図1）を変えることにより、低圧から高圧までの広範囲の圧力測定が可能である。

【0016】

【発明の効果】以上のように、この発明によればダイアフラムと1本の光ファイバにより圧力センサを構成し、光の多重干渉を検出することにより、電磁的なノイズ等の影響を受けずかつ耐熱性の高い簡単な構造の圧力センサを得ることができる。また、部品点数が極めて少ないので、組立作業を簡素化できる利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による圧力センサの実施例を示す断面図

【図2】 図1の圧力センサを使用した圧力測定システムを示すブロック図

【図3】 図2の測定システムの出力特性のグラフ

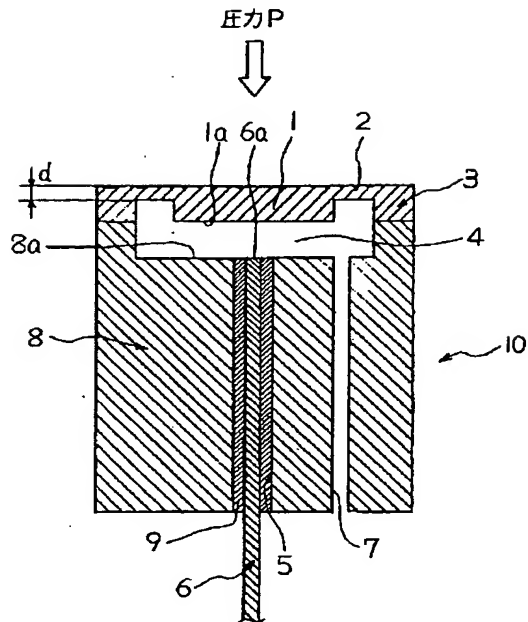
【図4】 従来の光学式圧力センサの横断面図

【図5】 図4の光学式圧力センサの動作説明図

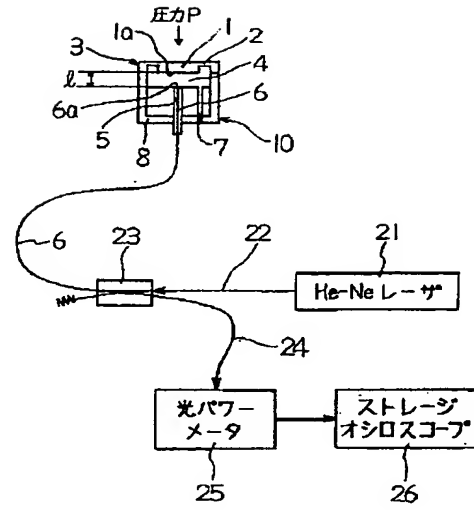
【符号の説明】

1... 中央厚肉部、1a... 反射面、2... 環状薄肉部、3、35... ダイアフラム、4... ギャップ、5... 光ファイバ挿入孔、6... 光ファイバ、6a... 端面、7... 大気開放孔、8... ベース、8a... 凹部、9... 接着剤、10... 圧力センサ、21... レーザ光源（可干渉性光源）、22... 入力ファイバ、23... 光カプラ（光結合器）、24... 出力ファイバ、25... 光パワーメータ（光強度測定器）、26... ストレージオシロスコープ、31... 投光用ファイバ束、32... 内側受光用ファイバ束、33... 外側受光用ファイバ束、34... 支持部材

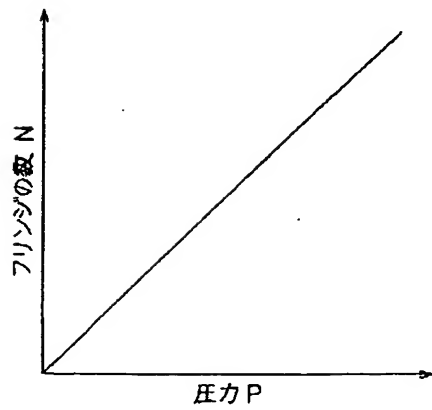
【図1】



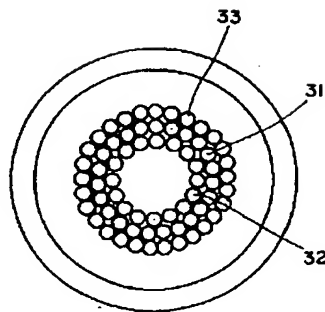
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

